

마이크로미터 크기의 실리카 입자를 이용한 UV 경화형 눈부심 방지 코팅 필름 제조

김태형 · 송기창[†]

건양대학교 의료신소재학과
35365 대전광역시 서구 관저동로 158
(2020년 11월 30일 접수, 2020년 12월 21일 수정본 접수, 2021년 1월 4일 채택)

Preparation of UV Curable Anti-Glare Coating Films Using Micrometer-Sized Silica Particles

Tae Hyoung Kim and Ki Chang Song[†]

Department of Biomedical Materials, Konyang University, 158 Gwanjeodong-ro, Seo-gu, Daejeon, 35365, Korea
(Received 30 November 2020; Received in revised form 21 December 2020; Accepted 4 January 2021)

요 약

눈부심 방지(Anti-glare, AG) 코팅 필름은 액정 디스플레이, LED 조명, 터치 패널 등 다양한 디스플레이 분야에 적용되고 있다. 본 연구에서는 UV 경화형 코팅 용액 내에 충전제로써 마이크로미터 크기의 실리카 입자를 첨가하여 눈부심 방지 효과를 부여하고자 하였다. 이 과정 중 실리카 입자의 크기, 함유량, 교반 시간, 다른 크기의 실리카 입자의 혼합 비율이 코팅 도막의 haze 값과 가시광선 투과도에 미치는 영향을 조사하였다. 그 결과 실리카 입자의 크기가 클수록, 또한 실리카 입자의 함유량이 증가할수록 haze 값은 증가하나, 가시광선 투과도는 감소하였다. 반면 교반 시간은 haze 값과 투과도에 큰 영향을 주지 못하였다. 또한 큰 크기의 실리카의 혼합 비율이 증가할수록 haze 값은 증가하나, 이와 반대로 가시광선 투과도는 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

Abstract – Anti-glare (AG) coating films are applied to various display fields such as liquid crystal displays, LED lighting, and touch panels. In this study, micrometer-sized silica particles were added as fillers in the UV-curable coating solutions to provide anti-glare effect. During this process, the effects of the particle size, content, stirring time, and mixing ratio of silica particles of different sizes were investigated on the haze values and visible light transmittance of the coating films. As a result, as the size of the silica particles increased and the content of the silica particles increased, the haze values increased, but the visible light transmittance decreased. On the other hand, the stirring time did not significantly affect the haze value and transmittance of coating films. In addition, as the mixing ratio of large-sized silica particles increased, the haze value increased, but on the contrary, the visible light transmittance decreased.

Key words: Anti-glare coating, UV curable, Micrometer-sized silica particles, Haze, Visible light transmittance

1. 서 론

일반적으로 반사 방지(Anti-reflection, AR) 및 눈부심 방지(Anti-glare, AG) 코팅 필름은 반사광에 의한 시야 저하를 방지하기 위해 액정 디스플레이, LED 조명, 터치 패널 등 다양한 디스플레이 분야에 적용되고 있다[1]. 반사 방지(AR) 기술에서는 기재 위에 굴절률이 서로 다른 막들을 교차로 코팅시켜 다층 구조의 박막을 형성시키면

각 박막의 계면에서 반사되는 빛이 간섭 효과에 의해 파장이 증첩되어 반사 현상이 감소되는 원리를 이용하고 있다[2-3]. 그러나 이러한 방법은 다층 코팅을 필수적으로 실시해야 하는데, 다층 코팅 공정은 공정이 복잡하므로 기업의 경제적 부담이 크다[4]. 반면 눈부심 방지(Anti-glare, AG) 코팅 기술은 기재의 표면에 수십~수백 nm 크기의 거칠기(roughness)를 갖도록 요철 형상을 부여함으로써 외부광의 산란을 유도하는 것이다[5]. 눈부심 방지(AG) 기술의 경우 반사 방지(AR) 기술보다 저렴하여 실용적인 응용분야에 더욱 널리 사용되고 있는 추세이다[4]. 눈부심 방지 코팅 처리가 되어 있지 않은 편평한 표면의 경우 방안의 불빛이나 창을 통해 들어온 자연광이 직접 반사됨에 따라 눈에 피로감을 주거나 스크린을 통해 나오는 정보나 이미지의 투과도를 저하시킴으로써 작업자에게 두통을 유

[†]To whom correspondence should be addressed.

E-mail: songkc@konyang.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

발하거나, 피로도를 증가시켜 효율이 떨어지게 되는 문제점을 갖게 된다[6].

눈부심 방지(AG) 기술의 경우에는 기체의 표면에 수십 또는 수백 nm 크기의 거칠기를 갖도록 물리적으로 울퉁불퉁한 형상을 부여하는 방법[7,8]과 기체 표면에 무기 입자 또는 유기 입자와 같은 충전제를 부착시킴에 의해 표면에 요철을 형성시키는 방법[1,5,9]으로 구분된다. 두 방법 모두 표면의 계면과 공기 사이에서 굴절 현상이 발생하고, 이로 인하여 광 확산, 즉 빛의 난반사를 유도하여 눈부심 효과를 부여하는 원리를 이용한다. 첫 번째 방법인 표면에 울퉁불퉁한 형상을 물리적으로 부여하기 위해서는 에칭, 전기방사, 홀로그램 기술, 엠보싱 기법 등을 이용한다[7,8]. 이 경우 표면에 생긴 요철 형상의 크기와 분포에 의해 영향을 받게 된다. 표면에 생성된 요철의 크기가 너무 클 경우 난반사가 더욱 많이 일어나 눈부심 방지 효과는 증가하나 상이 왜곡되어 보인다. 반면 요철의 크기가 너무 작을 경우 상은 또렷하나 요철에 의한 빛의 난반사가 거의 일어나지 않아 눈부심 효과가 떨어진다[7,8]. 두 번째 방법인 기체 표면에 입자를 부착시키는 방법은 수 nm에서 수 μm 크기를 가지는 입자들을 기체 표면에 부착시키는 방법으로, 접착 수지에 유기 입자 또는 무기 입자 등의 충전제를 첨가하여 혼합한 뒤 UV나 열을 이용하여 경화시켜 표면에 요철을 형성시킨다[1,5,9].

본 연구에서는 충전제로 무기 입자인 마이크로미터 크기를 갖는 구형 실리카를 UV 경화형 용액 내에 혼합하여 기재인 PMMA 시트에 코팅함에 의해 표면에 수십 또는 수백 nm 크기의 거칠기를 갖도록 요철 형상을 부여함으로써 외부 광의 산란을 유도하는 방법을 통해 눈부심 방지(AG) 필름을 제조 하였다. 이 과정 중 실리카 입자의 크기, 함유량, 서로 다른 크기의 실리카 입자의 혼합 비율 및 교반 시간과 같은 제조 변수가 코팅 도막의 표면 형상, haze 값, 가시광선 투과도 등과 같은 물성에 미치는 영향을 조사 하였다.

2. 실험

2-1. 시약 및 재료

본 실험에서는 유기 용매로서 toluene (99.9%, Sigma-Aldrich)을 사용하였다. UV 경화를 위한 올리고머로는 우레탄 아크릴레이트 (99.9%, Sigma-Aldrich)를 사용하였으며, 단량체로는 hexane-1,6 diol diacrylate (99.9%, Sigma-Aldrich)를 사용하였고, 광 개시제로는 hydroxy cyclohexyl phenyl ketone (99.9%, Sigma-Aldrich)을 사용하였다. 또한 구형 실리카로는 Table 1로 나타난 다양한 크기를 갖는 KS-200 (Guangzhou Batai Chemical Co., China), Nipsil E-220A (Tosoh Silica Co., Japan)와 Mizukasil P802Y (Mizukasil Co., Japan)를 사용하였다.

2-2. 눈부심 방지 코팅 용액 및 도막의 제조

먼저 교반기와 냉각기, 온도계 등을 1 L 용량의 4구 반응기에 장착한 후 유기 용매(66.5 g)에 광 개시제(1.5 g)를 첨가하여 질소 분위기에서 상온에서 20 min 동안 혼합하였다. 이 용액에 아크릴 단량체(2 g)와 우레탄 아크릴레이트 올리고머(30 g)를 첨가하고 상온에서 20 min 동안 교반하였다. 또한 코팅 도막 위에 요철을 부여하기 위해 첨가량이 조절된 실리카 입자를 용액에 첨가하고 일정 시간

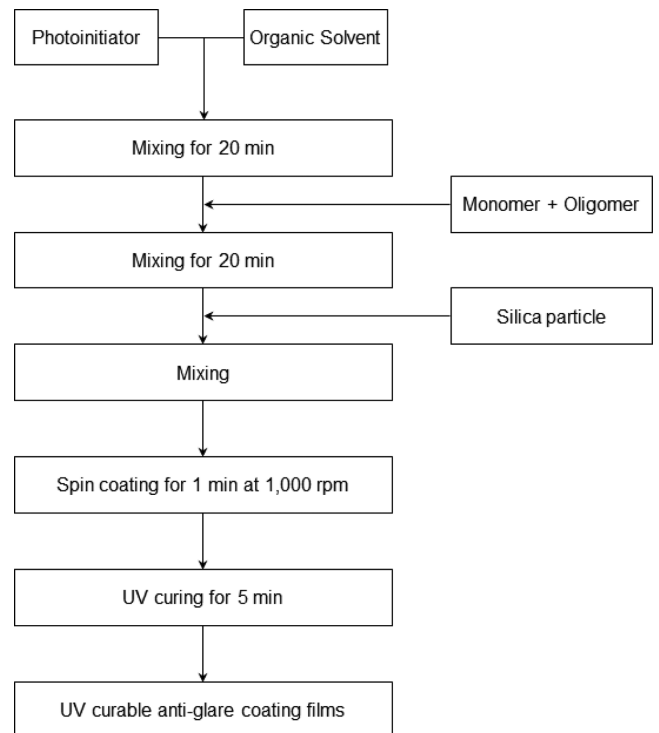


Fig. 1. Schematic diagram of anti-glare coating films prepared by UV curing method.

교반시켜 눈부심 방지 기능을 갖는 UV 경화형 코팅 용액을 제조하였다. 그 후 이 용액을 두께 1 mm인 PMMA 기재 위에 1,000 rpm으로 1 min 동안 스핀 코팅하여 도막을 형성시킨 후 건조 오븐에서 60 °C에서 3 min 동안 건조하였다. 또한 UV 경화를 위해 이 도막을 고압 수은 UV 램프를 사용하여 5 min 동안 UV 경화시켜 최종의 눈부심 방지 기능을 갖는 코팅 도막을 제조하였으며(Fig. 1), 이때 수은 램프의 세기는 0.6 J/cm²로 조절하였다.

2-3. 분석방법

코팅 도막의 눈부심 방지 기능은 아래와 같이 가시광선 투과도, haze 값과 표면 형상 등의 물성을 측정함에 의해 평가된다.

2-3-1. 투과도(Transmittance) 측정

UV-VIS spectrophotometer (UV-2450, SHIMADZU, Japan)를 이용하여 200~800 nm 파장 범위에서 코팅 도막의 투과도를 측정하였다.

2-3-2. Total light transmittance와 haze 값 측정

Transmittance haze meter (NDH-5000, Nippon Denshoku Kogyo Co., Japan)를 사용하여 코팅 도막의 380 nm 파장에서의 total light transmittance와 총 haze 값을 ASTM D1003 방법 [10]에 의해 측정하였다.

2-3-3. 광학현미경 분석

제조된 코팅 도막의 형상을 관찰하기 위하여 광학현미경(OLYMPUS CX31, Tokyo, Japan)을 사용하여 100배의 배율로 관찰하였으며, 이미지 캡을 사용하여 코팅 도막의 형상을 분석하였다.

3. 결과 및 토론

3-1. 실리카 입자 크기 및 함유량이 눈부심 방지 코팅 도막의 물성에 미치는 영향

본 연구에서는 Fig. 1의 공정에 따라 제조된 UV 경화형 코팅 용액 10 g 내에 Table 1로 나타난 서로 다른 크기를 갖는 실리카 입자 함유량을 각각 0.01 g (0.1%), 0.03 g (0.3%), 0.05 g (0.5%), 0.10 g (1.0%)으로 변화시켜 첨가하고 이에 따른 코팅 도막의 표면 형상, haze 값 및 가시광선 투과도를 조사하였다. Fig. 2는 평균 1 μm 크기를 갖는 KS-200 실리카 입자의 함유량 변화에 따라 제조된 코팅 도막의 100배 현미경 사진을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 것과 같이 함유량이 증가함에 따라 코팅 도막 내의 실리카 입자의 양이 많아짐을 알 수 있으며, KS-200의 경우 실리카 입자의 함유량 증가에도 불구하고 입자들의 응집이 발생하지 않으므로 전반적으로 입자들이 고르게 분산되어 있는 것을 알 수 있었다.

Fig. 3은 2~3 μm 크기를 갖는 Nipsil E-220A 실리카 입자의 함유량 변화에 따른 코팅 도막의 현미경 사진을 나타낸 그림이다. 그림에서 보는 것과 같이 Nipsil E-220A의 경우에는 실리카 입자 함유량이 증가함에 따라 코팅 도막 내의 입자의 양이 많아졌으며, 입자가 고르게 분산되지 못하고 서로 응집이 일어나 불균일하게 분산되었다.

Fig. 4는 3~4 μm 크기를 갖는 Mizukasil P802Y 실리카 입자의 함유량 변화에 따른 코팅 도막의 현미경 사진으로 실리카 입자 함유량이 증가함에 따라 입자가 고르게 분산되지 못하고, 입자들이 서로 응집이 일어나면서 입자가 불균일하게 분산되는 것을 관찰할 수 있었다. 이상의 연구를 통해 KS-200 입자는 실리카 함량이 1.0%로 과량인 경우에도 입자들 사이의 응집현상이 일어나지 않으므로 코팅 도막 내에서 균일하게 분산되나, Nipsil E-220A와 Mizukasil P802Y는 입자들 사이의 응집현상이 심해 0.3%만 첨가해도 입자가 불균일하게 분산됨을 알 수 있었다. 또한 육안으로 코팅 도막의 표면을 확인하였을 때, KS-200의 경우 깨끗하고 매끈하였으나, Nipsil E-220A와 Mizukasil P802Y의 경우 흐릿하며, 표면이 거친 것을 알 수 있었다.

Fig. 5는 실리카 입자 크기 및 함유량 변화에 따른 코팅 도막의 haze 값을 나타낸 결과이다. Haze 값은 빛이 시료를 투과하여 나타나는 흐림(난반사)의 정도를 수치로 표현한 것으로, 전 투과광에 대한 확산 투과광의 백분율의 값으로 코팅 도막의 눈부심 방지 기능의 척도가 된다[11]. KS-200의 경우 입자 함유량이 0.1%, 0.3%, 0.5%, 1.0%인 경우 haze 값이 각각 0.7%, 1.1%, 1.7%, 3.4%를 보였으며, Nipsil E-220A의 경우 입자 함유량이 0.1%, 0.3%, 0.5%, 1.0%인 경우 각각 2.8%, 9.7%, 14.9%, 37.9%의 haze 값을 보였다. 또한 Mizukasil P802Y의 경우 입자 함유량이 0.1%, 0.3%, 0.5%, 1.0%인

Table 1. Particle sizes of silica particles used in this work

Type of silica particle	KS-200	Nipsil E-220A	Mizukasil P802Y
Particle size (μm)	1	2~3	3~4

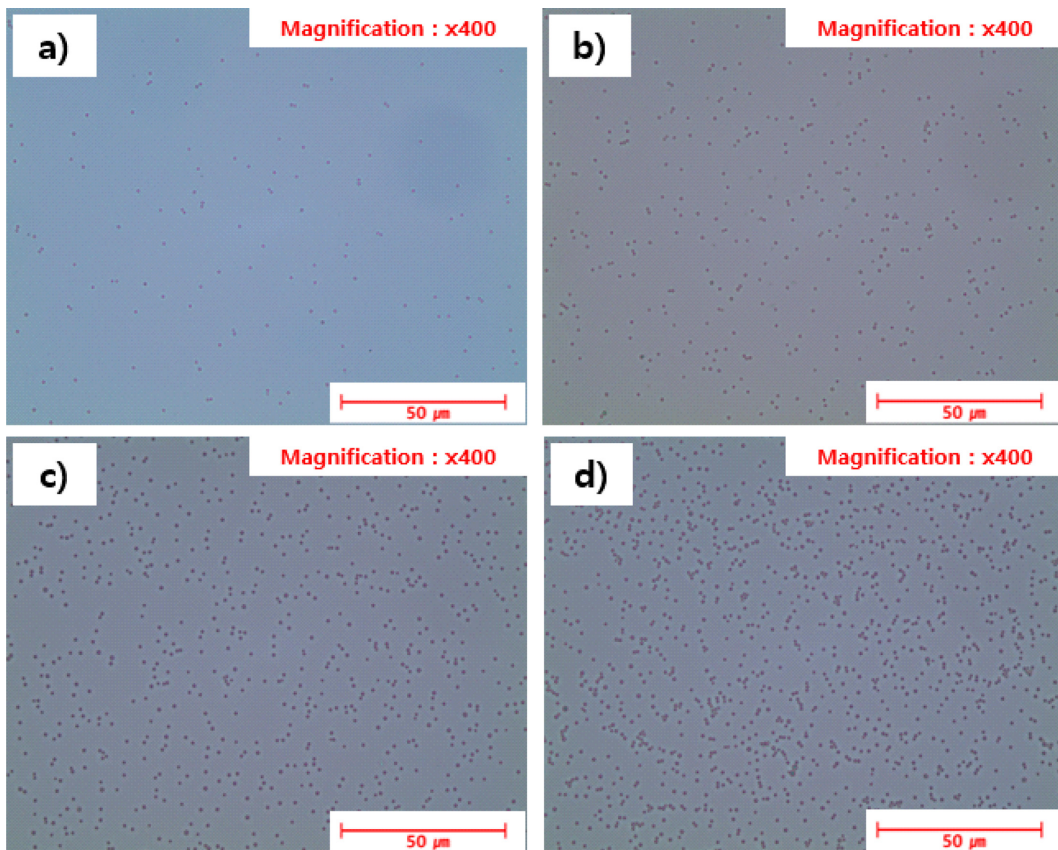


Fig. 2. Optical microscope photographs of anti-glare coating films prepared with different amounts of silica particle (KS-200). a) 0.1%, b) 0.3%, c) 0.5% and d) 1.0%.

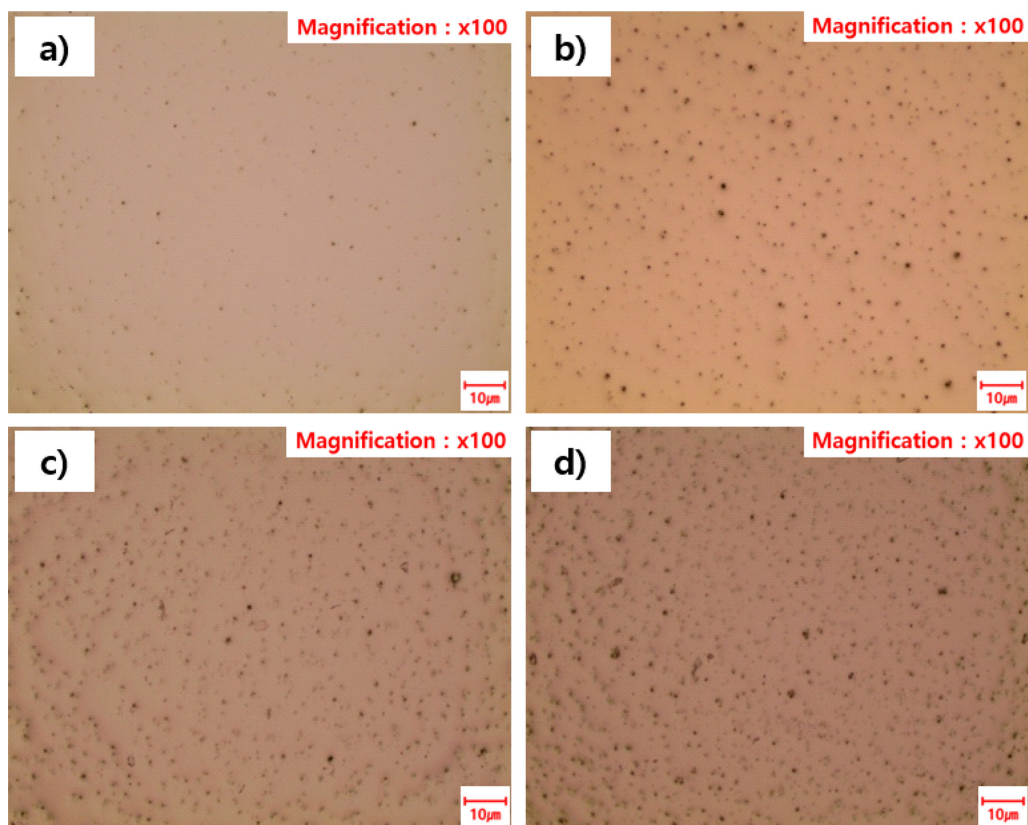


Fig. 3. Optical microscope photographs of anti-glare coating films prepared with different amounts of silica particle (Nipsil E-220A). a) 0.1%, b) 0.3%, c) 0.5% and d) 1.0%.

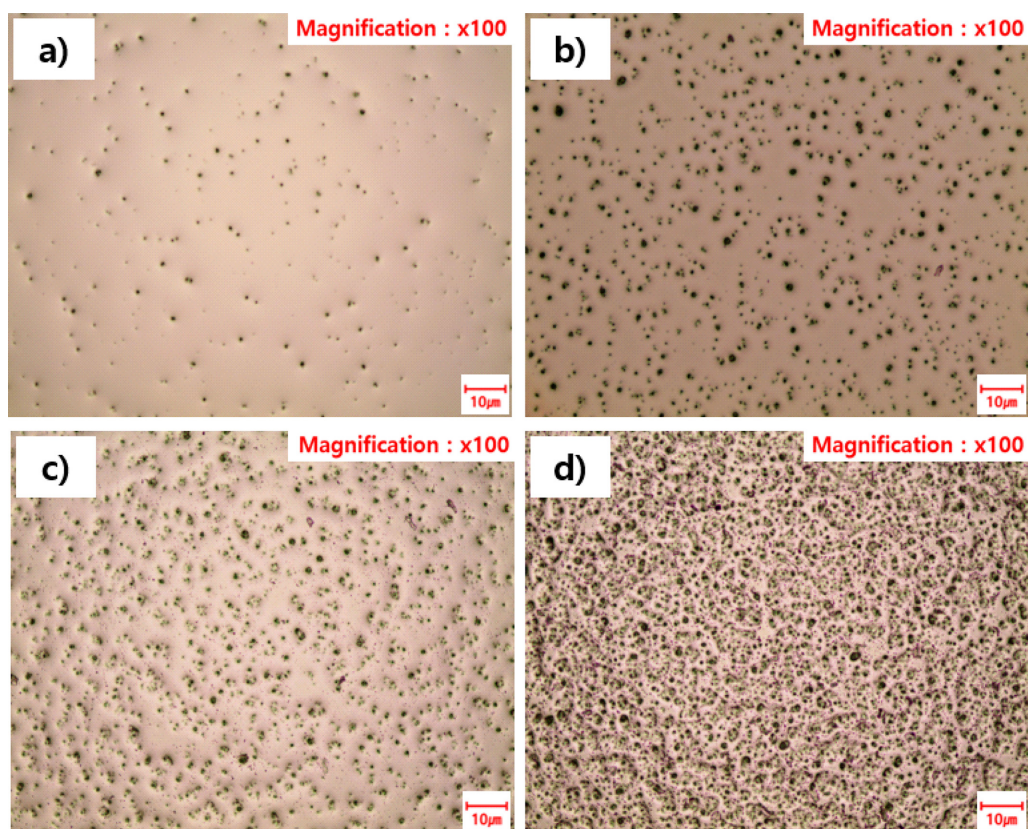


Fig. 4. Optical microscope photographs of anti-glare coating films prepared with different amounts of silica particle (Mizukasil P802Y). a) 0.1%, b) 0.3%, c) 0.5% and d) 1.0%.

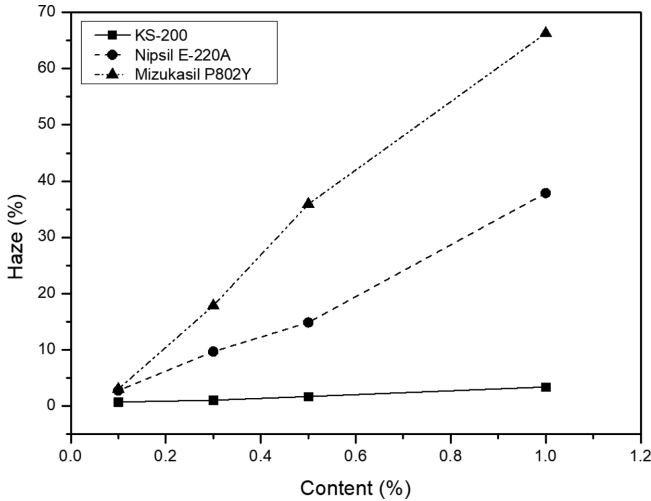


Fig. 5. Effect of types and amounts of silica particles on the haze values of anti-glare coating films.

경우 각각 3.0%, 17.9%, 35.9%, 66.3%의 haze 값을 보였다. 전반적으로 실리카 입자 함유량이 증가할수록 haze 값도 증가해 눈부심 방지 효과가 증가하는 경향을 보였다. 이는 실리카 양의 증가에 따라 코팅 필름 표면에 존재하는 실리카 입자의 양적 증가로 인해 haze 값이 증가하는 것으로 판단된다[4]. 그러나 실리카 입자 함유량이 0.1%일 때는 실리카의 양이 적어 모든 경우에 있어서 haze 값이 입자 크기와 상관없이 낮은 값(0.7~3.0%)을 보였다. 한편 실리카 입자 크기가 1 μm로 작은 KS-200의 경우 실리카 입자 함유량이 증가하여도 코팅 용액 내에 입자들이 고르게 분산되기 때문에 haze 값이 크게 증가하지 않았다. 반면에 Nipsil E-220A와 Mizukasil P802Y는 앞에서 설명한 바와 같이 실리카 입자 함유량이 증가함에 따라 코팅 용액 내에서 입자들이 응집되는 경향이 일어나므로 실리카 입자 함유량이 증가할수록 haze 값이 급격히 증가되는 것을 알 수 있었다.

Fig. 6은 입자 크기가 1 μm로 작은 KS-200 실리카 입자의 함유량에 따른 코팅 도막의 가시광선 투과도를 측정한 그림이다. KS-200의 경우 함유량이 0.1%와 0.3%인 경우 90% 이상의 가시광선

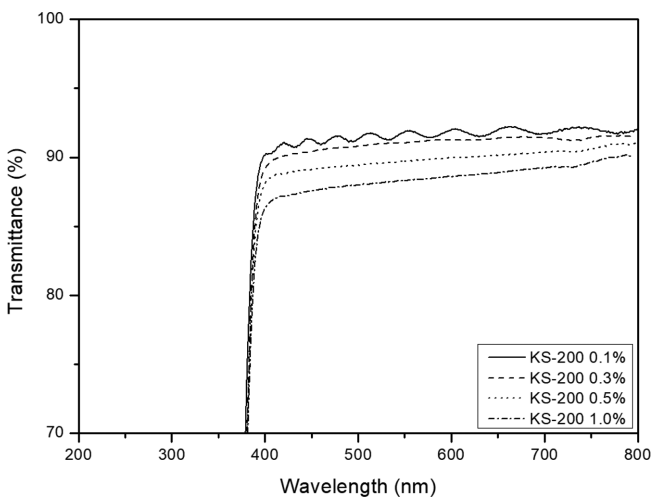


Fig. 6. Effect of amounts of silica particle (KS-200) on the visible light transmittance of anti-glare coating films.

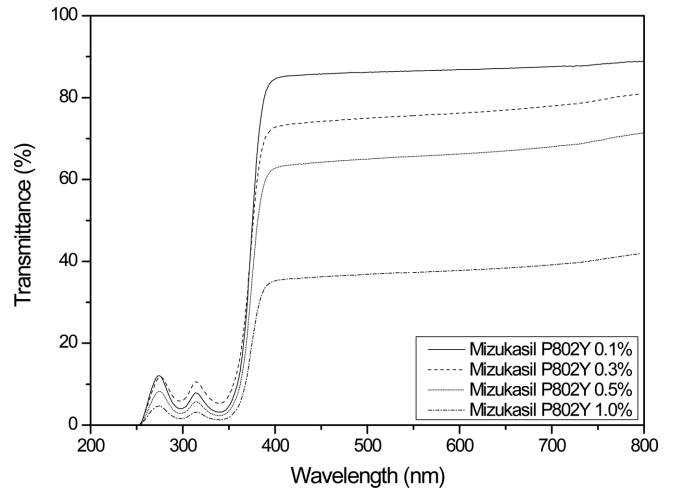


Fig. 7. Effect of amounts of silica particle (Mizukasil P802Y) on the visible light transmittance of anti-glare coating films.

투과율을 보였으며, 입자 함유량이 증가함에 따라 가시광선 투과율은 감소하나 큰 폭으로 감소하지 않아 함유량이 1.0%인 경우에도 85% 이상의 가시광선 투과도를 보였다. 이는 Fig. 5에서 설명한 바와 같이 KS-200의 경우 입자들 사이의 응집이 일어나지 않아 분산성이 우수하므로 실리카 입자 함유량 증가에도 불구하고 가시광선 투과도의 감소가 적게 일어난다.

Fig. 7은 3~4 μm 크기를 갖는 Mizukasil P802Y 실리카 입자의 함유량 변화에 따른 코팅 도막의 가시광선 투과도를 나타낸 그림이다. 함유량이 0.1%인 경우에는 85% 정도의 가시광선 투과도를 보였으나, 함유량이 증가함에 따라 가시광선 투과도가 급격히 감소하여, 함유량이 1.0%인 경우에는 40% 이하의 가시광선 투과도를 보였다. 전반적으로 실리카 입자 함유량이 증가함에 따라 투과율이 감소하는 경향을 보였는데, 이는 실리카 입자 함유량 증가에 따라 입자의 수가 증가하므로 흡수되는 빛의 양이 증가되어 가시광선 투과도가 감소되기 때문이다[9]. 특히 Mizukasil P802Y는 입경이 3~4 μm로 커 실리카 입자 함유량이 증가할수록 입자들 사이의 응집이 증가되므로 코팅 도막의 가시광선 투과도가 급격히 감소되는 것으로 판단된다. 눈부심 방지용 코팅 도막의 성능은 haze 값과 투과도로 평가할 수 있는데, 본 실험을 통해 입경이 큰 실리카 입자를 사용하면 난반사가 잘 일어나 haze 값이 높아지므로 눈부심 방지 효과가 우수해지나, 가시광선 투과도가 떨어지게 된다. 반대로 입경이 작은 실리카 입자를 사용하면 난반사가 억제되어 haze 값이 낮아지므로 눈부심 방지 효과는 현저히 저하되나, 가시광선 투과도가 높아지는 장점이 있으므로 두 요소(haze 값과 가시광선 투과도)를 잘 고려하여 눈부심 방지 코팅 도막을 설계해야 한다고 판단된다.

3-2. 교반 시간 변화가 눈부심 방지 코팅 도막의 물성에 미치는 영향

3-1절의 실험을 통해 확인된 가시광선 투과도가 가장 우수한 KS-200 시료 0.1 g (1.0%)을 UV 경화형 코팅 용액 10 g에 첨가 시 교반 시간 변화가 코팅 도막의 형상, haze 값과 가시광선 투과도에 미치는 영향을 조사하였다. Fig. 8은 KS-200 실리카를 UV 경화형 코팅 용액에 첨가한 후 각각 5 min, 10 min, 30 min, 40 min, 60 min으로 교반 시간을 달리하여 제조된 코팅 도막의 표면을 광학현미경으로

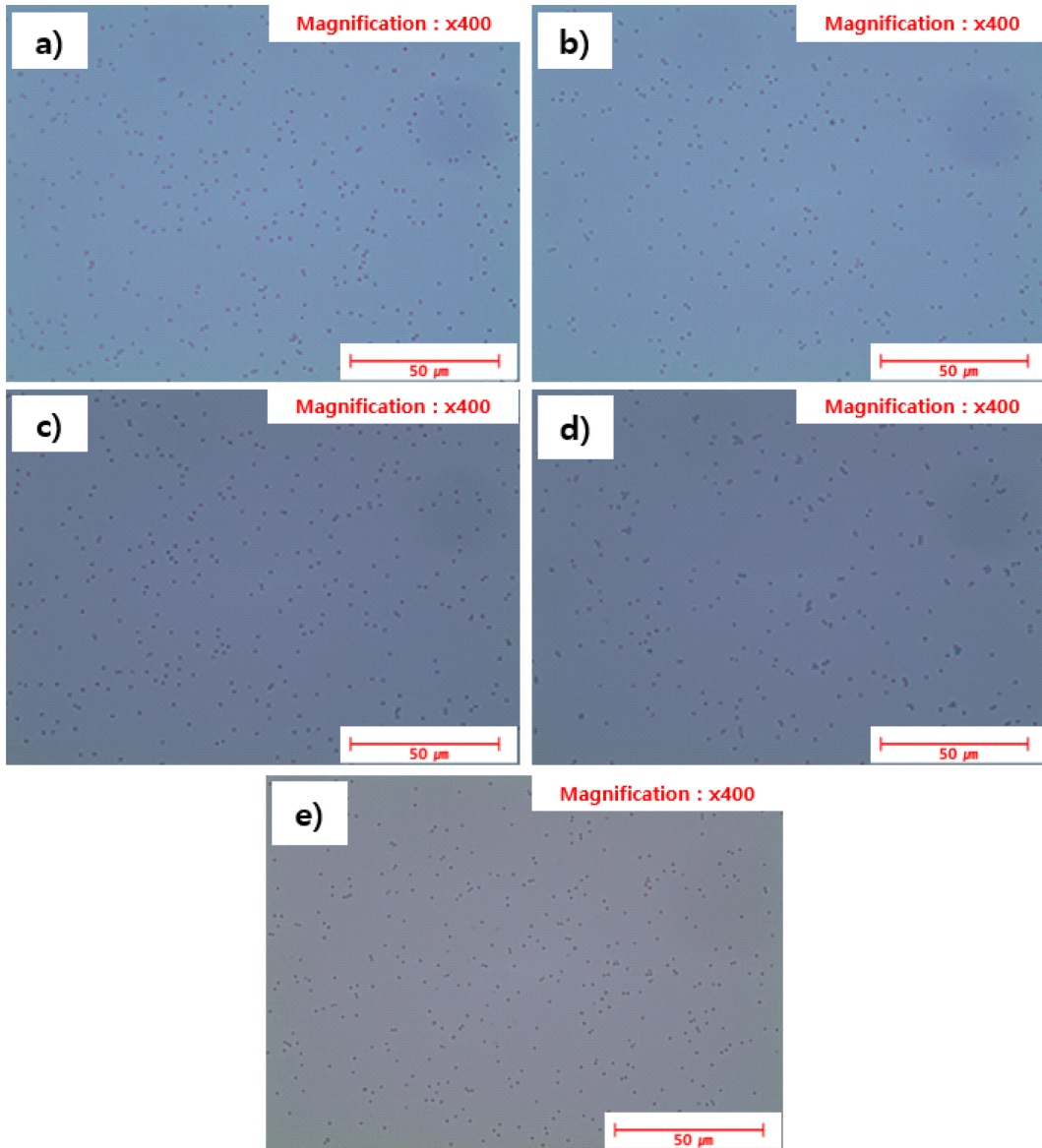


Fig. 8. Optical microscope photographs of anti-glare coating films prepared with different stirring time. a) 5 min, b) 10 min, c) 30 min, d) 40 min and e) 60 min.

관찰한 사진이다. 교반 시간이 증가해도 표면의 형상은 큰 차이를 보이지 않았으며, 이는 5 min의 짧은 시간 동안 교반하여도 코팅 용액 내에서 실리카 입자가 충분히 분산이 이뤄지는 것을 의미한다.

Fig. 9는 교반 시간 변화에 따른 코팅 도막의 haze 값의 변화를 나타낸 그림이다. 교반 시간이 5 min, 10 min, 30 min, 40 min, 60 min으로 증가함에 따라서 코팅 도막의 haze 값은 각각 3.9%, 3.4%, 3.2%, 3.1%, 3.4%로 큰 변화가 없었다. 또한 Fig. 10에서 보이는 것처럼 교반 시간이 5 min, 10 min, 30 min, 40 min, 60 min으로 증가함에 따라 코팅 도막의 total light transmittance는 각각 88.6%, 88.7%, 89.0%, 89.4%, 88.6%로 변화가 크지 않았다. 따라서 KS-200 시료를 사용 시에는 교반을 5 min 정도만 실시하여도 실리카 입자의 분산이 용액 내에서 균일하게 이루어지는 것을 알 수 있었다.

3.3. 크기가 다른 실리카 입자의 혼합 비율이 코팅 도막의 물성에 미치는 영향

본 연구에서는 코팅용액 10 g 내의 실리카 입자 함유량을 0.1 g

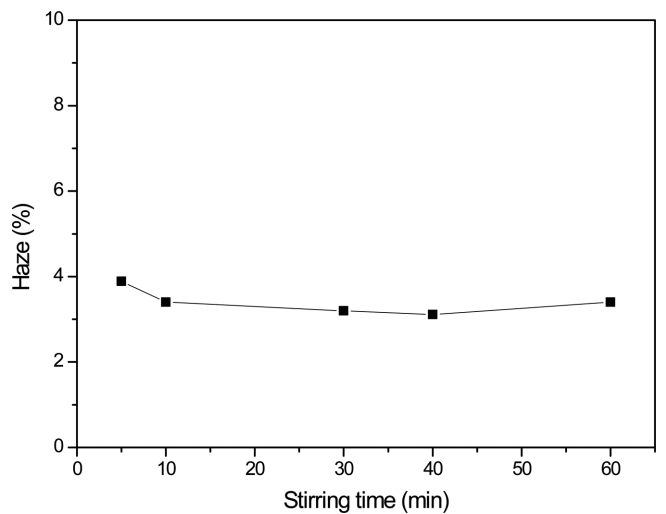


Fig. 9. Effect of stirring time on the haze values of anti-glare coating films.

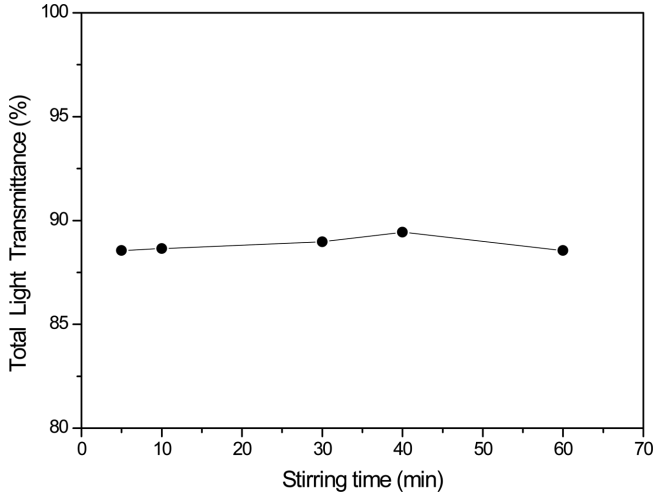


Fig. 10. Effect of stirring time on the total light transmittance of coating films.

(1.0%)으로 고정하여 첨가 시 서로 크기가 다른 두 종류의 실리카의 혼합 비율이 코팅 도막의 표면 형상, haze 값과 가시광선 투과도에

미치는 영향을 관찰하였다. Fig. 11(a-c)은 입경이 1 μm 인 KS-200과 입경이 3~4 μm 인 Mizukasil P802Y를 각각 3:7, 5:5, 7:3의 비율로 혼합하여 제조된 코팅 도막의 형상을 광학현미경을 통해 관찰한 사진으로 KS-200의 혼합 비율이 증가할수록 입자 사이의 응집이 줄어들어 입자 크기가 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 한편 Fig. 11(d-f)의 입경이 2~3 μm 인 Nipsil E-220A와 입경이 3~4 μm 인 Mizukasil P802Y를 각각 3:7, 5:5, 7:3의 비율로 혼합한 경우에는 Nipsil E-220A의 혼합 비율이 증가할수록 입자 사이의 응집이 줄어들어 입자 크기가 약간 감소하는 것을 알 수 있었다. 또한 Fig. 11(g-i)에서 입경이 1 μm 인 KS-200과 입경이 2~3 μm 인 Nipsil E-220A를 각각 3:7, 5:5, 7:3의 비율로 혼합한 경우에도 KS-200의 혼합 비율이 증가할수록 입자 사이의 응집이 줄어들어 입자 크기가 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

Fig. 12는 크기가 다른 실리카 입자의 혼합 비율에 따른 코팅 도막의 haze 값을 나타낸 결과이다. 모든 경우에서 크기가 작은 실리카 입자의 비율이 증가할수록 haze 값은 감소하였다. 또한 비교적 입자 크기가 작은 KS-200과 Nipsil E-220A를 혼합한 경우가 가장 작은 haze 값을 보였으며, 비교적 입자 크기가 큰 Nipsil E-220A와 Mizukasil P802Y를 혼합한 경우가 가장 큰 haze 값을 보였다.

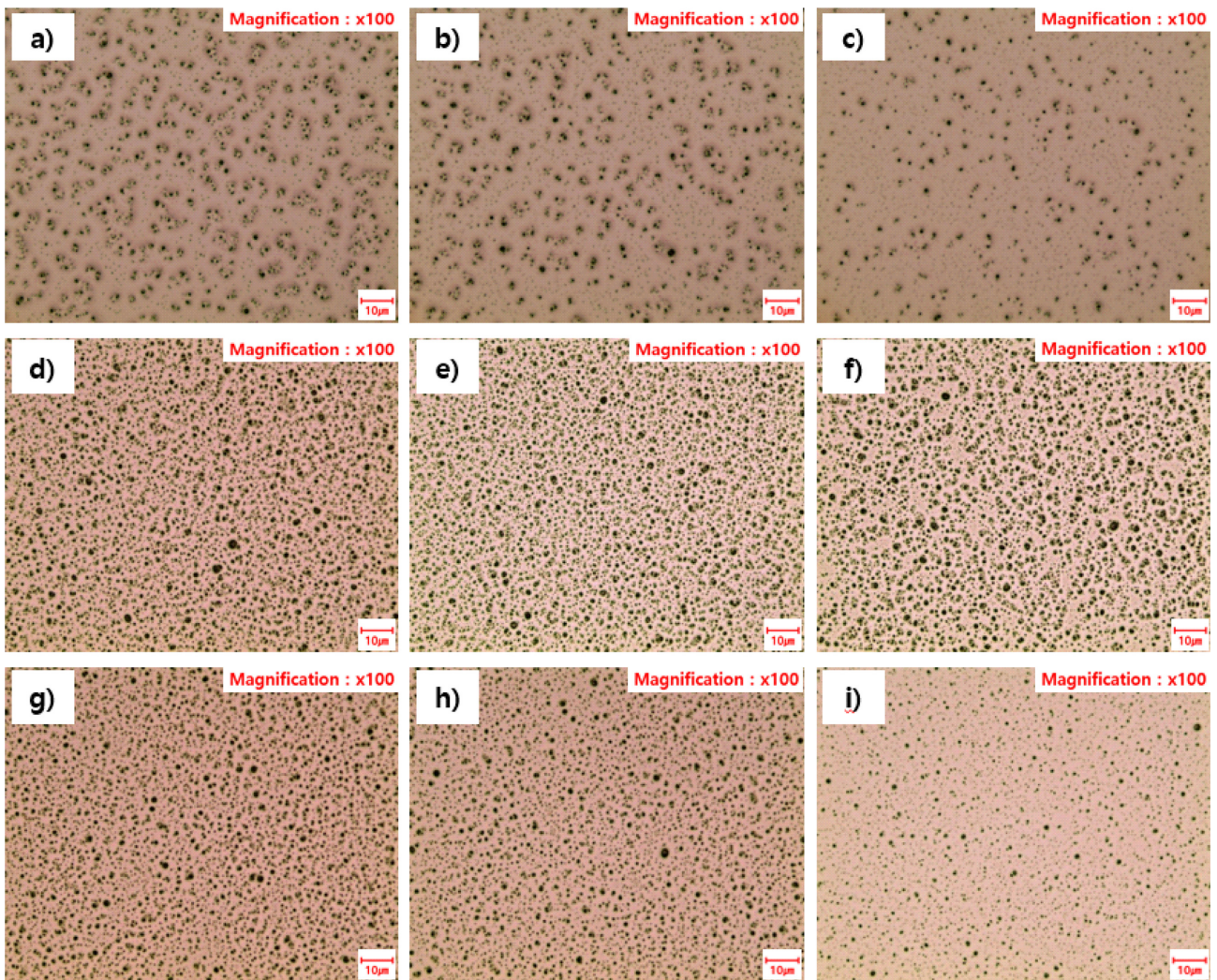


Fig. 11. Optical microscope photographs of anti-glare coating films with different mixing ratios of a) 3:7, b) 5:5, c) 7:3 in KS-200 and Mizukasil P802Y, d) 3:7, e) 5:5, f) 7:3 in Nipsil E-220A and Mizukasil P802Y, and g) 3:7, h) 5:5, i) 7:3 in KS-200 and Nipsil E-220A.

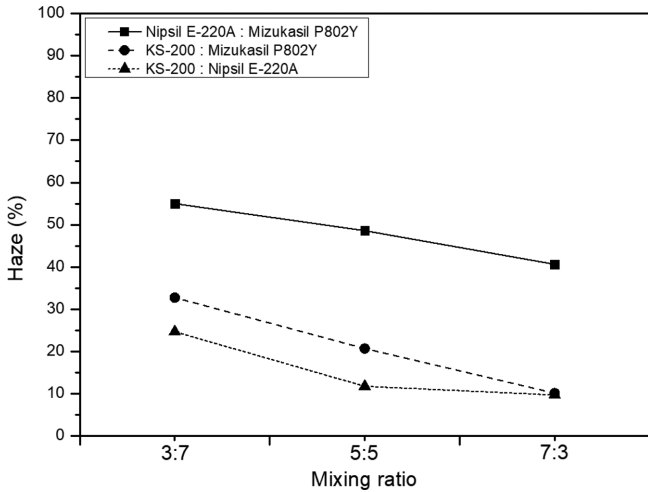


Fig. 12. Effect of mixing ratios of silica particles with different sizes on the haze values of anti-glare coating films.

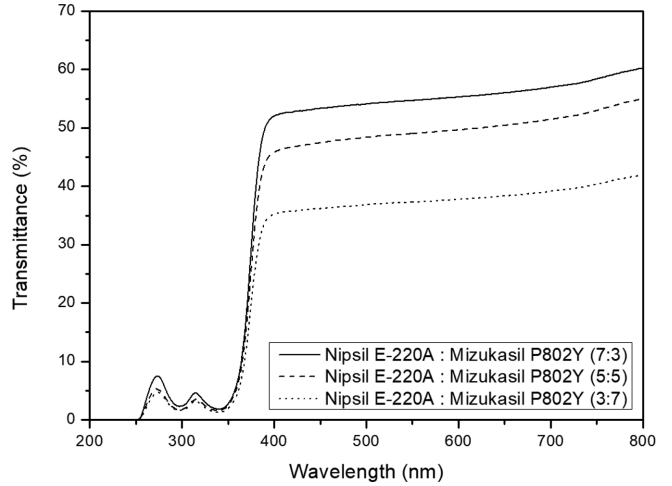


Fig. 14. Effect of mixing ratios of silica particles (Nipsil E-220A and Mizukasil P802Y) with different sizes on the visible light transmittance of anti-glare coating films.

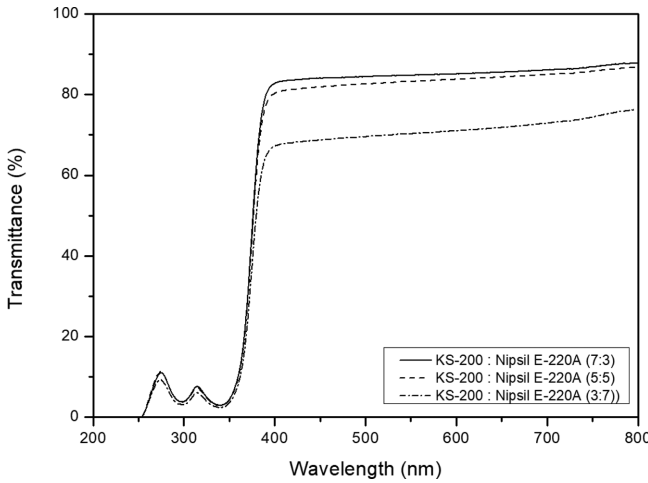


Fig. 13. Effect of mixing ratios of silica particles (KS-200 and Nipsil E-220A) with different sizes on the visible light transmittance of anti-glare coating films.

이는 코팅 도막의 haze 값은 큰 입자의 존재에 영향을 받는 것을 의미한다.

Fig. 13은 KS-200과 Nipsil E-220A의 크기가 다른 실리카 입자의 혼합 비율에 따른 코팅 도막의 가시광선 투과도를 나타낸 그림이며, 또한 Fig. 14는 Nipsil E-220A와 Mizukasil P802Y의 크기가 다른 실리카 입자의 혼합 비율에 따른 코팅 도막의 가시광선 투과도를 나타낸 그림이다. 모든 경우에서 크기가 작은 실리카 입자의 비율이 증가할수록 가시광선 투과도가 증가하는 것을 알 수 있었다. 또한 Fig. 13의 비교적 입자 크기가 작은 KS-200과 Nipsil E-220A를 혼합한 경우가 Fig. 14의 비교적 입자 크기가 큰 Nipsil E-220A와 Mizukasil P802Y를 혼합한 경우보다도 가시광선 투과도가 우수하였다. 이는 Fig. 12의 haze 값 결과와 마찬가지로 코팅 도막의 가시광선 투과도도 크기가 다른 실리카 입자의 혼합 비율에 영향을 받는 것을 의미하며, haze 값과는 반대로 크기가 작은 입자의 비율이 증가할수록 가시광선 투과도는 증가함을 의미한다.

4. 결 론

UV 경화형 코팅 용액 내에 각각 1 μm, 2~3 μm, 3~4 μm의 입경을 갖는 실리카 입자를 첨가하여 눈부심 방지 코팅 용액을 제조하였으며, 이 과정 중 실리카 입자의 크기, 함유량, 교반 시간과 크기가 다른 실리카 입자의 혼합 비율에 따른 코팅 도막의 형상, haze 값과 가시광선 투과도를 관찰하였다. 이 과정 중 여러 제조 변수가 코팅 도막의 물성에 미치는 영향을 조사하여, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 코팅 용액 중의 실리카 입자의 크기가 커질수록, 또한 실리카 입자의 함유량이 증가할수록 haze 값이 증가하며, 이와 반대로 가시광선 투과도는 감소하는 경향을 보였다. 또한 실리카 입자의 크기가 커지거나, 함유량이 증가할수록 코팅 표면은 거칠고, 불투명해졌다.
- (2) 코팅 용액 중에 1 μm 크기를 갖는 KS-200 실리카 입자를 첨가 시에는 5 min에서 60 min으로 교반 시간을 증가시켜도 코팅 도막의 haze 값과 투과도에 큰 영향을 미치지 않았다.
- (3) 크기가 다른 두 종류의 실리카 입자의 혼합 시 크기가 작은 실리카 입자의 혼합 비율이 증가할수록 haze 값은 감소하였으나, 반대로 가시광선 투과도는 증가하는 경향을 보였다.

References

1. Liu, B. T. and Teng, Y. T., "A Novel Method to Control Inner and Outer Haze of An Anti-Glare Film by Surface Modification of Light-Scattering Particles," *J. Colloid Interface Sci.*, **350**, 421-426(2010).
2. Chen, D., "Anti-Reflection (AR) Coatings Made by Sol-Gel Processes: A Review," *Sol. Energy Mater.*, **68**, 313-336(2001).
3. Neuman, G. A., "Anti-Reflective Coatings by APCVD Using Graded Index Layers," *J. Non-Cryst. Solids*, **218**, 92-99(1997).
4. Ahn, J. B. and Noh, S. T., "The Synthesis and Characterization of Thin Film for Anti-Glare Using Silica Particles," *J. Korean Ind. Eng. Chem.*, **19**(6), 685-689(2008).

5. Song, S., Sun, Y., Lin, Y. and You, B., "A Facile Fabrication of Light Diffusing Film with LDP/Polyacrylates Composites Coating for Anti-Glare LED Application," *Applied Surf. Sci.*, **273**, 652-660(2013).
6. Jang, S. H., "Functional Silicon Coating Materials," *Polym. Sci. Techn.*, **12**(5), 676-688(2001).
7. Liu, C. F., Pan, C. T., Liu, K. H., Chen, J. L. and Huang, J. C., "Optical Film for LED with Triangular-Pyramidal Array Using Size-Reducible Embossing Method," *J. Mater. Engin. Perf.*, **20**, 1544-1553(2011).
8. Sakai, D., Harada, K., Kamemaru, S.-I., El-Morsy, M. A., Itoh, M. and Yatagai, T., "Direct Fabrication of Surface Relief Holographic Diffusers in Azobenzene Polymer Films," *Opt. Rev.*, **12**, 383-386(2005).
9. Hu, L., Yang, Z., Zhang, X., Liu, Z., Xia, P., Deng, K., Gong, L., Jiang, L. and Zhang, H., "Fabrication and Evaluation of Dual Function PMMA/Nano-Carbon Composite Particles for UV Curable Anti-Glare Coating," *Prog. Org. Coat.*, **101**, 81-89(2016).
10. ASTM D1003, "Standard Test Method for Haze and Luminous Transmittance of Transparent Plastics," ASTM International.
11. Kang, K. H., Hyun, M. H. and Lee, D. K., "Haze Characteristics of Mica Coated with Magnesium Oxide," *J. Korea Academia-Industrial Coop. Soc.*, **16**(1), 888-894(2015).